

Analisa Model *Directed Diffusion* (DD) Berbasis *Cluster* Pada *Wireless Sensor Network* (WSN)

Sahid Ridho*, Indra Yasri**

*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: ridhosahid3@gmail.com

ABSTRACT

Limitations of energy is one of the important issues in the network sensor network (WSN). The energy used for data transmission between sensor nodes. one method to solve this problem is to choose the proper protocol. Many researchers have proposed protocols are energy efficient and have a good data collection mechanisms. One well-known protocol used is directed diffusion (DD). DD is a data centric protocol that also focus in energy efficiency and have a good data collection capabilities. DD good protocol but there are still some weaknesses were found in DD. DD on the implementation flooding (flooding) a request message to a network of sensors and then draw the appropriate message and flooding the request message to the network node number will increase energy usage and network traffic. Cluster or grouping of nodes one way to hold back flooding overhead. Proposed research directed diffusion-based cluster showed increased energy efficiency and reduce traffic congestion in the network of sensors. Based on the results of the analysis suggest that, over the J-Sim simulation showed that directed diffusion-based cluster is able to limit and control the flooding overhead to determine the number of nodes in each cluster efficiently.

Keywords : *Wireless Sensor Networks, Directed diffusion, cluster, J-Sim*

1. PENDAHULUAN

Wireless sensor network (WSN) adalah jaringan sistem nirkabel berukuran kecil yang berdaya rendah dengan CPU dan memori. WSN memiliki infrastruktur yang terdiri dari elemen penginderaan (mengukur), komputasi, dan komunikasi yang memberikan administrator kemampuan untuk instrumen, mengamati dan beraksi terhadap peristiwa dan fenomena dalam lingkungan yang telah ditetapkan. (Sohraby, Minoli, & Znati, 2007)

Sebuah WSN biasanya terdiri dari puluhan hingga ribuan *node* yang berkomunikasi untuk berbagi informasi dan pemrosesan kerjasama. WSN dapat digunakan pada berbagai macam aplikasi yang potensial seperti sistem pemantauan pasien, deteksi

gempa, pemantauan lingkungan, aplikasi militer (seperti navigasi, pengawasan, keamanan dan manajemen pelacakan target)

Sensor node pada WSN memiliki keterbatasan sumber daya. Dalam beberapa aplikasi penambahan sumber daya cenderung tidak mungkin dilakukan. *Sensor node* biasanya digunakan dalam waktu yang lama, *Sensor node* memiliki banyak mode kegagalan, kegagalan karena menipisnya energi, kegagalan *hardware*, kesalahan *link* komunikasi, serangan yang berbahaya dan sebagainya. Setiap kegagalan menurunkan kinerja prosedur pengumpulan data.

Telah banyak usulan protokol efisiensi energi dan mekanisme pengumpulan data untuk WSN yang diusulkan oleh peneliti. Salah satu diantaranya mengenai usulan dengan metode

Directed Diffusion (DD). DD adalah mekanisme *routing* untuk pengumpulan data dimana data konsumen (*sink*) mencari sumber data dengan mengirimkan paket tujuan dan menemukan rute terbaik untuk menerima data (Intanagonwiwat dkk, 2003). DD merupakan protokol *data centric* yang juga fokus didalam efisiensi energi suatu jaringan. Didalam pelaksanaannya DD membanjiri (*flooding*) pesan kepada semua *node* didalam jaringan dimana hal tersebut merupakan operasi yang mahal, khususnya didalam penggunaan sumber energi didalam WSN. Salah satu cara untuk menahan *flooding overhead* adalah dengan menggunakan *cluster* atau pengelompokan *sensor node*.

Vlado handziski(2004) membahas peningkatan efisiensi energi dari *Directed Diffusion* menggunakan *passive clustering*. Dengan *passive clustering* bisa menahan *flooding overhead* antara dua *node* yang bersebelahan dengan usulan teknik pendekatan area dan metode informasi *node* yang bersebelahan ke dalam logika substruktur yang disebut *cluster*. *Cluster* mengurangi *flooding overhead* dengan pembatasan pengiriman kembali dari pesan untuk mengurangi topologi ini. Hal ini bisa mengurangi penggunaan energi dan meningkatkan kesuksesan pengumpulan data. (Handziski et al., 2004)

Dari hasil penelitian diatas maka penulis akan menganalisa model *Directed diffusion* berbasis *cluster* pada *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk mendapatkan perbandingan DD dengan DD berbasis *Cluster*. Guna mendapatkan data yang dibutuhkan sebagai data analisa perbandingan penulis akan menggunakan java simulator (j-sim).

2. LANDASAN TEORI

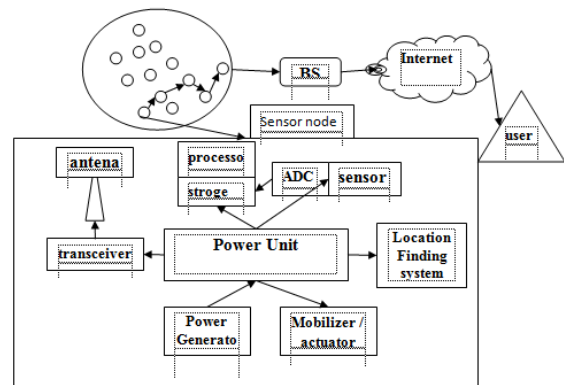
2.1 *Wireless Sensor Network*

Sebuah jaringan sensor adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari penginderaan (mengukur), komputasi dan elemen komunikasi yang memberikan administrator kemampuan untuk instrumen, mengamati dan bereaksi terhadap peristiwa dan fenomena dalam lingkungan yang telah ditetapkan. Setiap sensor disebut sebuah *sensor node* yang memiliki satu sensor, didalam *sensor node* tertanam prosesor,

memori terbatas, radio berdaya rendah dan biasanya dioperasikan menggunakan baterai. Setiap sensor node dari jaringan bertanggung jawab untuk melakukan penginderaan (*sensing*) sebuah kejadian (*event*) lokal yang diinginkan dan pada pengguna akhir kejadian (*event*) ini dilaporkan yang mana untuk menyampaikan sebuah kejadian (*event*) jauh yang dirasakan oleh *sensor node* lainnya. WSN biasanya terdiri dari puluhan hingga ribuan *node*.

2.1.1 *Sensor Architecture Design*

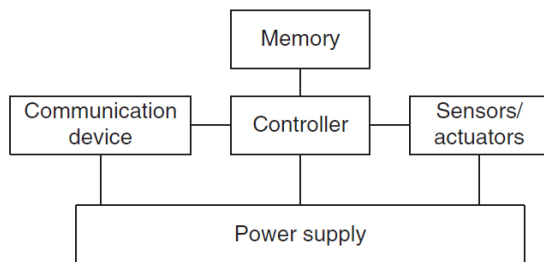
Sensor node biasanya didistribusikan dalam bidang sensor seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Masing-masing *node* didistribusikan memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan merute kan kembali data ke *sink* dan pengguna akhir. Data yang diarahkan kembali ke pengguna akhir oleh infrastruktur arsitektur multi-hop melalui *Sink*. (Neha Singh , 2012)



Gambar 2.1 *Sensor node* yang tersebar di bidang sensor dan komponen *sensor node* (Neha Singh , 2012)

2.1.2 komponen perangkat keras (Karl & Willig, 2005)

Menurut holger karl (2005), komponen perangkat keras sebuah *sensor node* yang akan bertugas melakukan penginderaan atau sensing terdiri dari beberapa bagian diantaranya: *Controler*, *memory*, *sensor* dan *aktuator*, komunikasi, *power supply*. Untuk lebih jelasnya dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 Sekilas komponen utama perangkat keras *sensor node* (Karl & Willig, 2005)

- *Controler* untuk memproses semua data yang relevan serta mampu mengeksekusi kode *arbitrary*.
- *Memory* untuk menyimpan program dan data sementara. Biasanya, jenis *memory* yang digunakan untuk program dan data.
- *Sensor* dan *aktuator* merupakan Antarmuka sebenarnya ke dunia fisik. Perangkat yang dapat mengamati atau mengontrol parameter fisik suatu lingkungan.
- Komunikasi digunakan *node* dalam jaringan untuk mengirim dan menerima informasi melalui saluran *nirkabel*.

2.2 Aplikasi Jaringan Sensor

WSN dapat digunakan pada skala global untuk pemantauan lingkungan dan studi habitat seperti di medan pertempuran untuk pengawasan militer dan pengintaian, di lingkungan *emergent* untuk pencarian dan penyelamatan, di pabrik-pabrik untuk pemeliharaan berdasarkan kondisi, di gedung-gedung untuk memantau keamanan infrastruktur, di rumah-rumah untuk *realize* rumah pintar, atau bahkan pada tubuh untuk pemantauan pasien. (Yu, Prasanna, & Krishnamachari, 2006)

2.3 IEEE 802.15.4

IEEE 802 LAN/MAN merupakan standar yang digunakan untuk pengembangan jaringan area lokal (LAN) dan standar jaringan area metropolitan (MAN). IEEE 802.15 merupakan standar untuk *Wireless Personal Area Networks* (WPAN). IEEE 802.15 membagi WPAN kedalam 3 kelas dengan perbedaan pada *data rate*, konsumsi energi dan *Quality of Service* (QOS). WPAN dengan *data rate* tinggi

(IEEE 802.15.3) cocok untuk aplikasi multi-media dengan kebutuhan QOS yang tinggi. WPAN dengan *data rate* sedang (IEEE 802.15.1/Bluetooth) digunakan pada perangkat telepon selular atau PDA untuk berkomunikasi atau melakukan pertukaran data. WPAN dengan *data rate* rendah (IEEE 802.15.4/LR-WPAN) digunakan untuk kebutuhan industri, perumahan dan kesehatan. Standard IEEE 802.15.4 merupakan solusi sebuah *data rate* rendah dengan umur baterai berbagai bulan sampai berbagai tahun dan dengan kompleksitas yang rendah.

2.3.1 Frekuensi radio dan *data rate*

IEEE 802.15.4 dirancang untuk beroperasi difrekuensi radio tanpa izin band . Band Rf tanpa izin tidak sama disemua wilayah didunia, IEEE 802.15.4 memungkinkan bekerja pada tiga band, setidaknya salah satu dari band ini harus tersedia disuatu wilayah tertentu. Band berpusat pada tiga frekuensi berikut 868,915 dan 2400 MHZ.

Tabel 2.1 Band frekuensi standar IEEE 802.15.4

RF band	Frequency range	Data rate	Channel number(s)	Geographical area
868 MHz	868.3 MHz	20 kbps	0 (1 channel)	Europe
915 MHz	902-928 MHz	40 kbps	1-10 (10 channels)	America, Australia
2400 MHz	2405-2480 MHz	250 kbps	11-26 (16 channels)	Worldwide

Dari tabel dapat diketahui masing-masing frekuensi memiliki *data rate* yang berbeda-beda dan pada setiap band terdapat jumlah channel yang bisa digunakan. Pada penelitian ini penulis akan menggunakan frekuensi 2,4 HGz.

2.4 Routing protokol didalam WSN

Routing didalam *wireless sensor network* berbeda dari *routing* konvensional didalam jaringan tetap diberbagai cara. Didalam WSN tidak ada infrastruktur, mengandalkan *link* nirkabel, *sensor node* mungkin gagal dan protokol *routing* harus memenuhi persyaratan penghematan energi yang ketat. Banyak algoritma *routing* yang dikembangkan untuk jaringan nirkabel pada umumnya. Semua protokol *routing* yang diusulkan untuk WSN dapat dibagi menjadi tujuh kategori seperti yang ditunjukkan **Table 2.1**

Tabel 2.2 Routing protokol untuk WSN
(Singh et al., 2010)

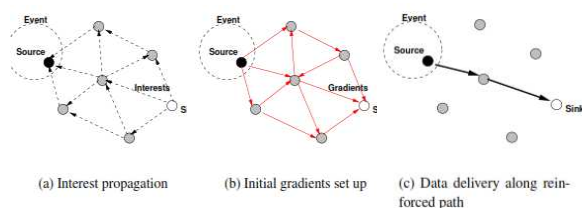
Category	Representative Protocols
Location-based Protocols	MECN, SMECN, GAF, GEAR, Span, TBF, BVGF, GeRaF
Data-centric Protocols	SPIN, Directed Diffusion, Rumor Routing, COUGAR, ACQUIRE, EAD, Information-Directed Routing, Gradient-Based Routing, Energy-aware Routing, Information-Directed Routing, Quorum-Based Information Dissemination, Home Agent Based Information Dissemination
Hierarchical Protocols	LEACH, PEGASIS, HEED, TEEN, APTEEN
Mobility-based Protocols	SEAD, TTDD, Joint Mobility and Routing, Data MULES, Dynamic Proxy Tree-Base Data Dissemination
Multipath-based Protocols	Sensor-Disjoint Multipath, Braided Multipath, N-to-1 Multipath Discovery
Heterogeneity-based Protocols	IDSQ, CADR, CHR
QoS-based protocols	SAR, SPEED, Energy-aware routing

Didalam penelitian ini menggunakan protokol *directed diffusion* yang merupakan kategori *data centric protocol*. Dalam *data-centric* protocol ketika sensor sumber ingin mengirim data mereka ke *sink intermediate* sensor dapat melakukan beberapa agregasi pada data yang berasal dari beberapa sensor sumber dan mengirim kumpulan data ke *sink*. Proses ini dapat menghasilkan penghematan energi karena lebih kecil trasmisi yang diperlukan untuk mengirim data dari sumber ke *sink*.

2.5 Directed Diffusion (Intanagonwiwat dkk, 2003)

Directed diffusion adalah mekanisme routing yang merupakan protokol data sentrik untuk pengumpulan data dimana data konsumen (*sink*) mencari sumber data dengan mengirimkan paket tujuan dan menemukan rute terbaik untuk menerima data (Intanagonwiwat, Govindan, Estrin, Heidemann, & Silva, 2003)

Directed Diffusion terdiri dari beberapa elemen: *Interests*, pesan data, *gradient* dan *reinforcements*. **Gambar 2.3** menunjukkan elemen dan skema dari *directed diffusion*



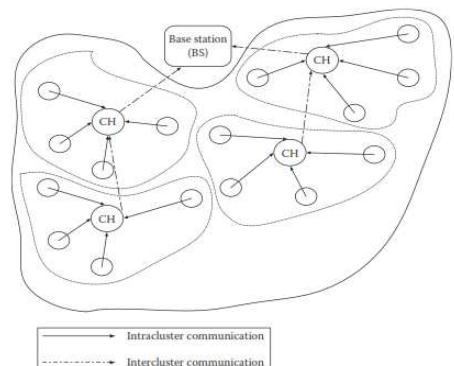
Gambar 2.3 skema sederhana dari *Directed Diffusion*
(Intanagonwiwat et al., 2003)

- Pesan *interests* adalah spesifik permintaan apa yang diinginkan pengguna. Setiap *interests* berisi deskripsi tugas penginderaan.

- Pesan data (*event*) adalah informasi yang dikumpulkan dari sebuah fenomena fisik yang merupakan deskripsi singkat dari penginderaan fenomena
- *Gradient* adalah arah kondisi yang dibuat disetiap node yang menerima *interest*, arah *gradient* diatur ke node tetangga dari mana pesan *interests* diterima.
- *Reinforcements* salah satu atau sejumlah kecil jalur yang diperkuat *sink node* untuk menarik informasi data rill dengan mengikuti kembali arah *interest* awal sepanjang jalur *gradient*.

2.6 Clustering didalam Wireless Sensor Network (Mamalis et al., 2009)

Pada penelitian ini penulis menggunakan *clustering* untuk menutupi kelemahan pada *directed diffusion*. Didalam struktur hirarki jaringan setiap *cluster* memiliki pemimpin yang juga disebut *cluster head* (CH) dan beberapa *sensor node* umum sebagai anggota. Proses pembentukan *cluster* akhirnya mengarah pada hirarki dua tingkat dimana *node* CH membentuk tingkat yang lebih tinggi dan anggota *node cluster* membentuk tingkat yang lebih rendah. Pada protokol *directed diffusion* CH ini akan berperan sebagai *sink* untuk *mem-broadcast* pesan *interests* dan mengumpulkan data. Komunikasi dan gambaran lebih lanjut mengenai *cluster* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Data komunikasi didalam jaringan *cluster* (Mamalis et al., 2009)

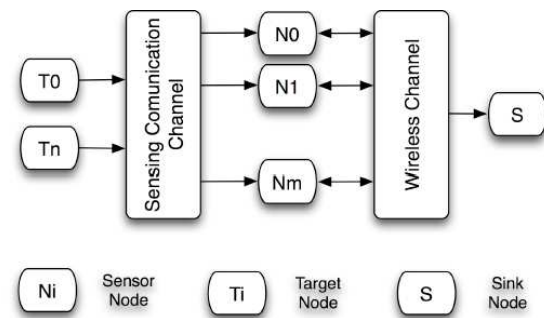
Pada penelitian ini pembagian *node* didalam suatu *cluster* dan penentuan *head cluster*, anggota *cluster* akan dijelaskan pada

skenario usulan pada BAB III. Dan komunikasi *node* yang dilakukan hanya pada komunikasi intra *cluster*.

2.7 J-Sim (Sobeih & Hou, 2003)

J-Sim (JavaSim) adalah lingkungan simulasi komposisi berbasis komponen. dibangun di atas arsitektur perangkat lunak berbasis komponen, yang disebut arsitektur komponen otonom (ACA). Entitas dasar di J-Sim adalah komponen, komponen dalam J-Sim bersifat otonom dan merupakan realisasi dari sebuah *Integrated Circuit* (IC). Perilaku komponen J-Sim didefinisikan dalam hal kontrak dan dapat dirancang secara individual, dilaksanakan, diuji, dan secara bertahap digunakan dalam sistem software. J-Sim telah dikembangkan sepenuhnya di Jawa™. Ini, ditambah dengan arsitektur komponen otonom (ACA), membuat lingkungan J-Sim benar-benar platform yang netral, extensible, dan dapat digunakan kembali. J-Sim juga menyediakan antarmuka script untuk memungkinkan integrasi dengan bahasa script yang berbeda seperti Perl, Tcl, atau Python. J-Sim terintegrasi dengan implementasi Java dari Tcl interpreter (dengan ekstensi Tcl / Java), yang disebut Jacl. (Sobeih & Hou, 2003)

Paulo A.C.S Neves menyatakan bahwa J-Sim jauh lebih terukur dari ns-2 (dengan penekanan pada penggunaan memori). J-Sim juga simulator dual-bahasa seperti ns-2 (J-Sim menggunakan Java dan Tcl, sementara ns-2 menggunakan C++ dan Tcl), kelas / metode / bidang di Java tidak perlu secara eksplisit diekspor untuk diakses dalam Lingkungan tcl. J-Sim menggunakan model simulasi digambarkan pada **Gambar 2.5** *Node target* mengirimkan informasi stimulus untuk WSN untuk menangkap: *sensor node* harus bekerja sama dalam rangka untuk mengambil Data berarti dan mengirimkannya ke *sink node*. dengan ini Model, adalah mungkin untuk mensimulasikan beberapa skenario WSN. *Node* sasaran hanya memiliki satu saluran komunikasi, *channel sensor*, karena mereka hanya mengirim stimulus ke sensor jaringan, *sensor node* berkomunikasi dengan dua cara, sensor dan saluran nirkabel, dan akhirnya *sink node* hanya berkomunikasi dalam saluran nirkabel.



Gambar 2.5. *J-Sim simulation model for WSNs* (Paulo A.C.S.Neves, 2010)

Pada skripsi ini akan digunakan J-SIM versi 1.3 untuk melakukan simulasi dan analisa skenario perancangan untuk memperoleh jumlah *node* yang efisien, kelemahan *directed diffusion* dan skenario untuk menutupi kelemahan dengan mengusulkan *routing directed diffusion* berbasis *cluster*.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun sarana yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian ini antara lain:

1. Laptop ACER E5 – 471
2. Java
3. J-Sim 1.3
4. Patch *directed diffusion*

3.2 Menentukan parameter sensor

ada penelitian ini penulis akan menggunakan standar IEEE 802.15.4 didalam parameter perancangan simulasi program, adapun parameter-parameter yang akan digunakan sesuai standar IEEE 802.15.4 dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Parameter perancangan simulasi standar IEEE 802.15.4

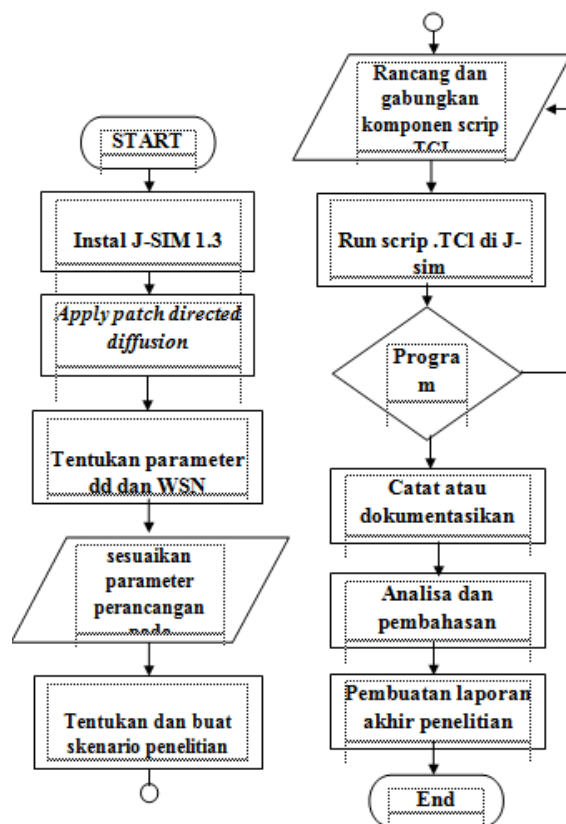
Parameter	Nilai
Frekuensi	2,4 GHz
Bit Rate	250 Kbps
Topologi	Peer-to-peer topology

Maksimum jarak transmisi	100+
Arus	15 mA
Tegangan	3,3 V

Pada penelitian ini menggunakan topologi *peer to peer*, pada topologi *peer to peer* ada satu koordinator PAN (pengendali pusat tunggal). Dan setiap *sensor node* dapat berkomunikasi secara langsung dengan *sensor node* lainnya sepanjang mereka dalam jangkauan antara satu dengan yang lainnya.

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan atau prosedur penelitian, untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



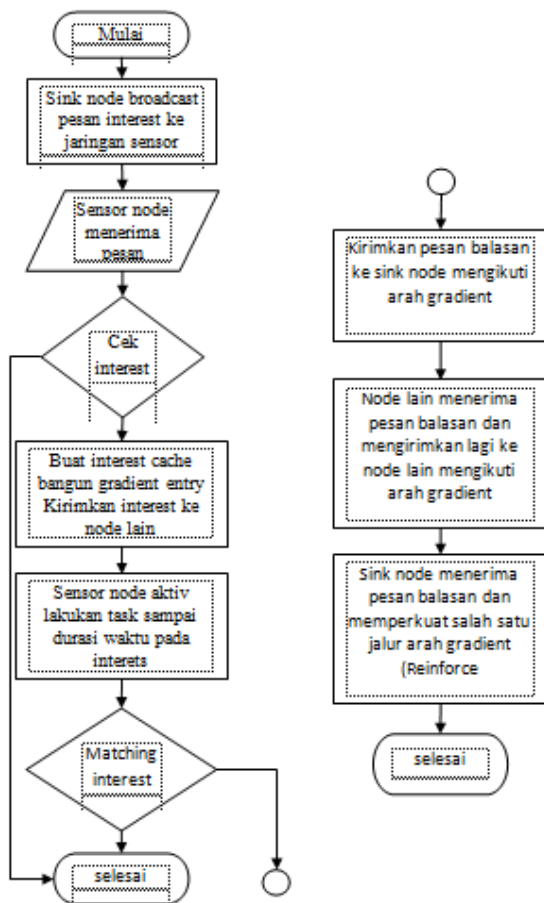
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dari **Gambar 3.1** dapat diketahui diawal penelitian peneliti terlebih dahulu harus menginstal J-SIM 1.3 yang digunakan sebagai simulator pada penelitian ini. Setelah J-Sim 1.3

terinstal untuk menganalisa *directed diffusion* berbasis *cluster* pada WSN, tambahkan *patch directed diffusion* pada J-Sim 1.3. kemudian tentukan parameter *directed diffusion* dan WSN, sesuaikan parameter yang telah ditentukan pada J-Sim. Untuk mendapatkan hasil penelitian sesuai dengan tujuan penelitian tentukan dan buat skenario penelitian. Aplikasikan skenario menggunakan J-Sim dengan scrip .TCL dan RUN scrip .TCL. jika program berhasil catat atau dokumentasikan hasil. Analisa dan lakukan pembahasan hasil simulasi. Terakhir pembuatan laporan akhir penelitian.

3.4 Perancangan dan mekanisme *directed diffusion* pada J-Sim

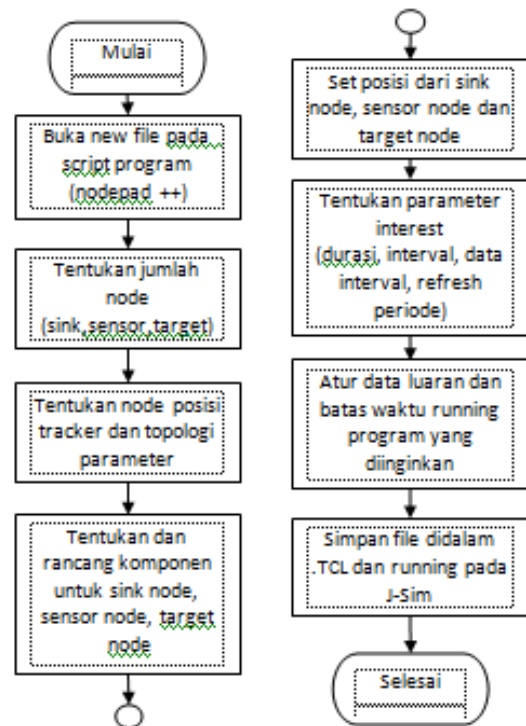
Pada awal proses dari *directed diffusion* sink secara spesifik akan mem-broadcast pesan *interest* ke jaringan sensor. Setiap sensor yang menjangkau *broadcast sink* akan menerima pesan *interests*, selanjutnya pesan yang diterima *sensor node* akan di *broadcast* kembali. Setiap pesan *interests* yang diterima akan disimpan di *interests cache* masing-masing *node* yang berisi informasi *gradient*. Pesan *interests* yang diterima berisi informasi *task* dan durasi waktunya, *sensor node* akan aktif kemudian melaksanakan *task* tersebut. jika terdapat kejadian (*event*) yang sesuai dengan pesan *interests* (*matching interests*) *sensor node* akan mengirim pesan balasan ke *sink node* dengan mengikuti arah *gradient* kemudian *sink node* akan memperkuat salah satu jalur (*reinforcement*) untuk menarik data ril. Mekanisme ini dapat dilihat pada diagram alir **Gambar 3.7**. Namun jika tidak terdapat data atau kejadian (*event*) sesuai *interest* selama durasi waktu yang ditentukan pada *interest* tersebut maka penugasan dianggap selesai, selanjutnya *sensor node* akan idle sampai menunggu pesan *interest* berikutnya.



Gambar 3.7 Diagram Alir *Directed Diffusion* pada J-Sim

Pada J-Sim *node* direpresentasikan dalam bentuk komponen (INET) dan dibangun diatas di atas arsitektur perangkat lunak berbasis komponen , yang disebut arsitektur komponen otonom (ACA). Dalam konteks simulasi jaringan adalah komponen komposit dan terdiri (pada saat run) *node*, *link*, protokol dan modul yang dirancang. Pada J-Sim *Wireless Sensor Network* (WSN) terdiri dari Komponen utama *sink node* sebagai pusat *node* untuk mengumpulkan dan pemrosesan data, *sensor node* yang bertugas melakukan penginderaan dan *target node* sebagai pengganti parameter fisik yang akan disensing oleh *sensor node*. Perancangan dari skenario akan disimpan dalam bentuk . TCL file dibutuhkan untuk keperluan menjalankan simulasi model yang sudah dibuat agar dapat dianalisa dengan perangkat lunak J-Sim 1.3. proses selanjutnya untuk membuat

.TCL file dan menjalankan simulasi dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



Gambar 3.8 Diagram alir membuat dan menjalankan simulasi pada J-Sim

Setelah skenario yang dirancang di running pada J-Sim hasil skenario dapat diketahui dari tampilan J-Sim dan data yang tersimpan pada direcctori J-Sim dengan nama folder RESULT. Selanjutnya dari hasil simulasi tersebut dilakukan pengolahan menggunakan microsoft excel untuk mendapatkan data atau grafik yang mempermudah untuk melakukan analisa.

3.5 Skenario Penelitian

Skenario akan dilakukan dalam empat tahapan, tahapan pertama untuk memperoleh jumlah *node* yang efisien, tahapan kedua skenario menggunakan *routing directed diffusion* untuk mengetahui kelemahan dalam proses *routing* nya, tahapan ketiga skenario untuk menutupi kelemahan pada *directed diffusion* dengan mengusulkan *routing directed diffusion* berbasis *cluster* dan tahapan keempat menganalisa, membandingkan *directed diffusion* dan *directed diffusion* berbasis *cluster*.

Penjelasan skenario diatas akan diterangkan lebih rinci sebagai berikut:

Tahapan pertama: *sensor node* akan diuji coba dan jumlah node divariasikan dengan variasi 7 node, 10 node, 15 node, 20 node, 25 node. Melalui informasi ini akan diketahui jumlah *node* yang efisien didalam satu cluster

Tahapan kedua: Skenario menggunakan *directed diffusion*, dengan memvariasikan jumlah *node* dengan variasi 15 *node*, 20 *node*, 25 *node*, 30 *node*, 35 *node*. Masing-masing terdiri dari satu *sink node*, satu *target node* dan sisanya merupakan *sensor node*. *Sink node* ditempatkan pada posisi tetap yakni pada posisi $x=300$ $y=250$. *Target node* dan *sensor node* ditempatkan secara acak, posisi *node* dari hasil run pada J-Sim akan diplot pada diagram kartesian. Melalui hasil simulasi pada skenario ini akan diketahui kelemahan *directed diffusion* dalam proses *routing* nya

Tahapan ketiga: pada *directed diffusion* berbasis *cluster* ini menggunakan jumlah variasi *node* dan posisi *node* yang sama dengan tahapan kedua. Dari data *posisi node* yang didapat dari tahapan pertama akan dilakukan pembagian *cluster* berdasarkan jarak antar *node* yang saling berinteraksi. Data *node* yang saling berinteraksi diketahui dari data *interest cache* yang merupakan hasil simulasi jsim pada tahapan pertama. Setelah *node* dibagi didalam beberapa *cluster* ditentukan *cluster head* masing-masing *cluster*. Penentuan *cluster* dilakukan dengan melihat data *interest cache* mana *node* yang telah berinteraksi dan menjangkau *node* yang lain pada *cluster* yang sama. Pada masing-masing *cluster* terdapat *target node*, dimana *target node* satu *cluster* dengan *cluster* yang lain dalam satu jaringan memiliki posisi yang sama. Posisi target ini disesuaikan dengan posisi *target node* pada tahapan pertama.

Tahap keempat: Dari hasil data simulasi yang didapat pada tahapan kedua dan ketiga akan dilakukan analisa dan membandingkan *directed diffusion* dan *directed diffusion* berbasis *cluster* pada *wireless sensor network* (WSN).

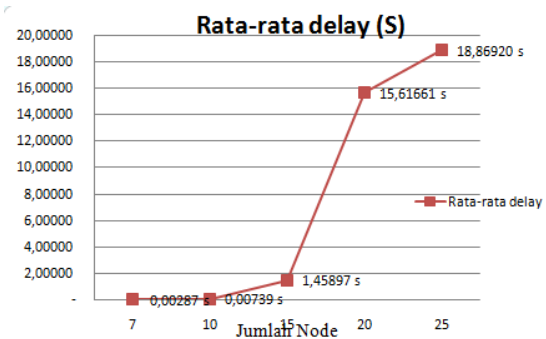
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan mengacu kepada skenario yang dirancang pada bagian skenario penelitian.

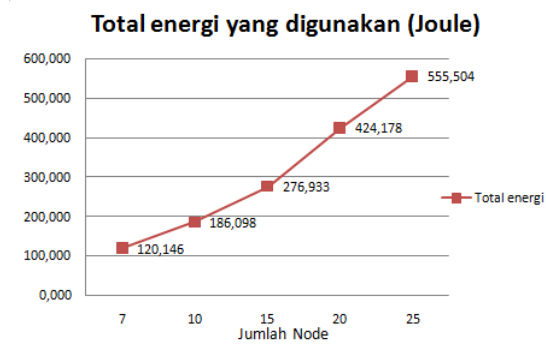
4.1 Tahapan pertama: Analisa efisiensi node

Hasil tahapan pertama dilakukan uji coba dan analisa variasi jumlah 7 *node*, 10 *node*, 15 *node*, 20 *node*, dan 25 *node* untuk mengetahui jumlah *node* yang efisien. Hasil analisa akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan yang akan dianalisa rata-rata delay dan total energi yang digunakan.

Berikut hasil simulasi rata-rata delay dapat dilihat pada grafik berikut:



Jumlah 7 *node* dengan 10 *node* rata-rata delay rendah dengan perbedaan delay yang tidak terlalu jauh yakni 0,00452s dan ketika jumlah *node* ditingkatkan menjadi 15 *node* rata-rata delay meningkat beberapa kali lipat dari jumlah *node* sebelumnya menjadi 1,456s. dan 10 *node* dengan 15 *node* rata-rata delay 1,451s. Sedangkan perbedaan delay 15 *node* dengan 20 *node* meningkat sangat drastis sebesar 14,158s dan perbedaan delaynya menjadi lebih besar apabila dibandingkan 15 *node* dengan 25 *node* rata-rata delay menjadi 17,4101s. Dengan analisa diatas dapat disimpulkan jumlah *node* yang efisien 7 *node* sampai 10 *node*.



Total energi dari 7 *node* sampai 10 *node* peningkatan energi masih cukup rendah, peningkatan sebesar 59,952 joule. Peningkatan energi dari 10 *node* menjadi 15 *node* meningkat lebih besar dari sebelumnya, peningkatan sebesar 90,835 joule. Peningkatan jumlah *node* berikutnya dari terus meningkatkan besarnya energi dibandingkan saat peningkatan jumlah *node* sebelumnya. Dari *node* 15 menjadi *node* 20 peningkatan 147,5245 joule. Dari 15 *node* dengan 25 *node* peningkatan 278,572. Hal ini membuktikan peningkatan jumlah *node* pada *directed diffusion* akan meningkat penggunaan energi dan akan berdampak langsung pada life time *node*. dan jumlah *node* yang efisien berjumlah 7 *node* sampai 10 *node*. karena tidak terjadi peningkatan penggunaan energi yang pesat.

4.2 Tahapan Kedua: *Directed Diffusion*

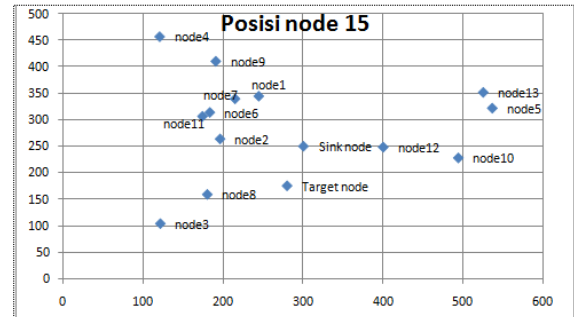
Skenario yang dirunning pada J-Sim menghasilkan data posisi *node*, status pada *sink node* dan status pada *sensor node*. data posisi *node* berikutnya diplot kedalam diagram

Gambar 4.1 informasi pada setiap sensor *node* menggunakan *directed diffusion*

15 node				20 node				25 node				30 node				35 node			
NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME
1	4	0 13 6 3	1520.4	1	3	4 15 2	1665.4	1	0		2025.4	1	6	24 17 9 28 4 25	845.4	1	6	10 24 30 16 27 20	880.4
2	2	15 6	1940.5	2	1	1	2050.5	2	8	3 5 7 13 19 16	1489.5	2	11	0 11 27 26 12 23 13 10 18 15 22	360.5	2	8	5 21 28 28 32 33 5 31	870.5
3	3	13 1 6	1740.6	3	10	0 18 13 11 9 8 14 12 16 5	200.6	3	3	6 14 9	440.6	3	7	6 16 14 19 11 27 5	625.6	3	13	0 18 21 25 19 22 29 28 32 2 33 5 31	355.6
4	4	5 13 11 10	1745.7	4	8	0 15 5 7 1 10	1070.7	4	8	0 17 22 12 20 6 23 15	270.7	4	12	0 24 20 17 9 28 26 8 21 10 18 25	340.7	4	9	17 29 32 5 8 15 31 11 23	345.7
5	6	0 4 12 11 10 8	1255.8	5	6	18 3 4 15 12 16	835.8	5	6	3 2 7 13 19 16	1489.8	5	5	6 16 14 19 3	1130.8	5	11	3 21 4 28 28 32 2 33 5 31	365.8
6	4	13 1 3 2	1805.9	6	5	13 11 9 8 14	735.9	6	6	0 17 23 4 14 9	200.9	6	13	0 20 16 14 19 11 3 27 26 5 12 10 18	350.9	6	5	27 20 13 9 26	955.9
7	2	9 12	1886.0	7	3	4 15 10	1686.0	7	6	3 2 5 13 19 16	1486.0	7	7	11 27 23 13 15 22 2	766.0	7	11	0 10 19 22 17 29 32 16 12 15 26	341.0
8	4	5 12 11 10	1421.1	8	7	18 13 11 6 9 3 14	236.1	8	7	17 18 22 12 6 10 14	206.1	8	5	24 28 4 21 25	1021.1	8	9	17 4 29 32 5 15 31 11 23	346.1
9	3	0 12 7	1696.2	9	9	0 18 13 11 6 17 3 8 14	211.2	9	3	6 13 14	481.2	9	10	0 24 20 17 28 2 4 10 18 25	361.2	9	7	7 12 27 6 20 13 26	586.2
10	4	5 4 11 8	1471.3	10	3	4 15 7	1686.3	10	5	17 6 8 14 9	216.3	10	13	0 24 20 6 17 9 26 4 12 23 18 22 2	346.3	10	12	0 18 25 19 22 24 30 16 12 27 1 20	351.3
11	4	5 4 10 8	1471.4	11	9	0 18 13 6 9 17 3 8 14	211.4	11	0		2156.4	11	11	8 16 19 5 27 23 13 15 22 2	361.4	11	9	17 4 29 32 5 8 15 31 23	346.4
12	5	0 9 7 9	1291.5	12	4	18 3 16 5	1076.5	12	8	0 17 18 22 20 23 4 15	211.5	12	13	0 24 20 6 17 9 26 4 23 10 18 22 2	346.5	12	11	0 10 19 22 7 17 29 32 16 15 26	341.5
13	6	0 4 1 6 3 2	1541.6	13	7	18 11 6 9 3 8 14	236.6	13	5	2 5 7 18 16	1726.6	13	7	11 27 7 23 15 22 2	766.6	13	5	27 6 20 9 26	956.6
				14	7	18 13 11 6 9 3 8	236.7	14	5	17 6 8 10 9	221.7	14	5	6 16 19 3 5	1131.7	14	8	7 17 4 12 8 15 11 23	416.7
				15	6	0 4 5 7 1 10	1071.8	15	7	0 17 22 12 20 23 4	326.8	15	11	0 11 27 26 12 23 13 10 18 22 2	361.8	15	8	7 17 4 14 12 8 11 23	416.8
				16	4	18 3 12 5	1076.9	16	6	3 2 5 7 13 19	1486.9	16	7	6 14 19 11 3 27 5	626.9	16	12	0 18 10 25 19 22 24 30 12 27 1 20	351.9
				17	3	0 11 9	1352.0	17	11	0 18 22 12 20 6 23 4 15 10 14	187.0	17	10	0 24 20 9 28 26 4 10 28 25	362.0	17	8	7 4 14 12 8 15 11 23	417.0
				18	10	0 13 11 9 3 8 14 12 16 5	197.1	18	4	17 22 12 8	752.1	18	13	0 24 20 6 17 9 26 4 12 23 10 22 2	347.1	18	12	0 10 3 25 19 22 28 28 32 30 16 33	382.1
								19	8	3 2 5 7 13 16	1487.2	19	7	8 16 14 11 3 27 5	627.2	19	13	0 18 10 25 22 29 28 32 30 12 33	347.2
								20	7	0 17 22 12 23 4 15	312.3	20	10	0 24 6 17 9 26 4 12 10 18	383.3	20	8	10 16 27 1 6 15 9 26	497.3
								21	0		2027.4	21	5	24 28 8 4 25	1002.4	21	8	3 29 28 32 2 33 5 31	872.4
								22	8	0 17 26 12 23 13 10 18 15 2	212.5	22	11	0 11 27 26 12 23 13 10 18 15 22 2	362.5	22	13	0 18 10 25 19 22 28 28 32 30 16 33	347.5
								23	8	0 17 22 12 20 6 4 15	267.6	23	11	0 11 27 26 12 13 10 18 15 22 2	362.6	23	6	17 4 14 8 15 11	832.6
												24	12	0 20 17 9 28 26 8 4 21 10 18 25	347.7	24	4	10 30 16 1	1077.7
												25	8	24 17 9 28 8 4 21 1	552.8	25	12	0 18 10 25 19 22 28 28 32 30 16 33	377.8
												26	13	0 24 20 6 17 9 4 12 23 10 18 22 2	347.9	26	7	7 12 27 6 20 13 9	587.9
												27	11	6 16 19 11 3 7 23 13 15 22 2	363.0	27	8	10 16 1 6 20 13 9 26	488.0
												28	7	17 9 8 4 21 1 25	553.1	28	14	3 21 25 19 22 4 29 32 12 2 33 5 31	323.1
																29	13	21 25 19 22 4 29 32 12 2 33 5 31	323.2
																30	6	25 19 22 24 16 1	418.3
																31	9	4 29 28 32 2 33 5 31	368.4
																32	11	19 22 4 29 28 12 2 33 5 31	323.5
																33	7	22 29 28 32 2 5 31	353.6

Dari data yang didapat pada Gambar 4.1 dengan memvariasikan jumlah *node* dengan variasi 15 *node*, 20 *node*, 25 *node*, 30 *node*, dan 35 *node* menunjukkan bahwa peningkatan jumlah *node* akan meningkatkan banyaknya jumlah pesan *interests* yang diterima. Peningkatan penerimaan jumlah pesan *interests* dan semakin meningkat juga data *gradient* mempengaruhi *life time sensor node*. Pada variasi 15 *node life time* terkuat 1940.5 dan *life time* terlemah 1291.5, variasi 20 *node life time* terkuat 2050.5 dan *life time* terlemah 211.2,

kartesian untuk memberikan gambaran posisi *node* didalam area. Dan informasi yang didapat dari status *sensor node* akan diplot kedalam microsoft excel dan dilakukan analisa. Berikut posisi *node* 15 pada diagram kartesian.



Dari hasil skenario menggunakan *directed diffusion* menghasilkan data informasi berupa jumlah pesan *interests* yang diterima masing-masing sensor *node*, *gradient* (sumber pesan *interests*) dan *life time* masing-masing sensor *node*. informasi lengkap dapat dilihat pada **Gambar 4.1**

variasi 25 *node life time* terkuat 2027.4 dan *life time* terlemah 187.0, variasi 30 *node life time* terkuat 1131.7 dan *life time* terlemah 350.9, variasi 35 *node life time* terkuat 1077.7 dan *life time* terlemah 323.1.

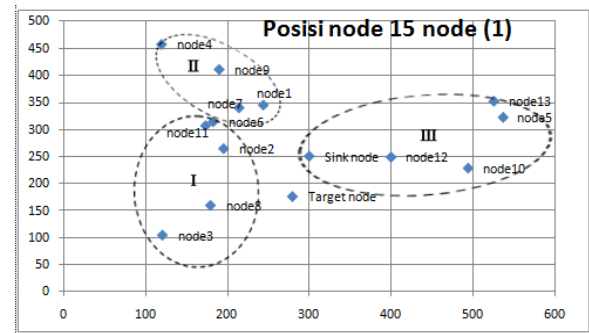
Hal itu membuktikan pengaruh *floding overhead* terhadap jaringan sensor memberikan efek meningkatnya penggunaan energi dan kurang efisiennya atas pesan *interests* yang diterima masing-masing *node* dengan seiring meningkatnya jumlah *node* didalam jaringan.

4.3 Tahapan Ketiga: *Directed diffusion* berbasis *cluster*

Setelah dilakukan tahapan kedua didapat posisi node didalam jaringan, dengan keadaan yang sama dengan tahapan kedua terhadap posisi dan jumlah *node* dan *target node*. dilakukan pembagian *cluster* dan ditentukan *head cluster* dan anggota *cluster* pada masing-masing *cluster*.

Masing-masing cluster setelah dilakukan running dan pengambilan data pada J-Sim data hasil simulasi selanjutnya di olah menggunakan microsoft exel dan dianalisa untuk mengetahui efek penambahan clustering pada directed diffusion. Informasi lebih lengkap dapat dilihat pada **Gambar 4.2**

mekanisme pembagian cluster ini tetap mengacu pada posisi dan jumlah yang sama dengan pengujian menggunakan protokol directed diffusion. Berikut posisi *node* pada diagram kartesian menggunakan *directed diffusion* berbasis *cluster*.



Gambar 4.2 informasi pada setiap sensor node menggunakan directed diffusion berbasis cluster

15 node				20 node				25 node				30 node				35 node			
NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME	NODE	INTEREST	GRADIENT	LIFE TIME
cluster 1				cluster 1				cluster 1				cluster 1				cluster 1			
1	2	0.3	1895.4	1	3	0.2.3	1875.4	1	4	0.4.3.2	1805.4	1	2	0.4	1950.4	1	3	0.6.5	1840.4
2	2	0.3	1910.5	2	3	0.1.3	1875.5	2	4	0.4.3.1	1800.5	2	3	0.3.4	1795.5	2	4	0.6.3.4	1590.5
3	3	0.1.2	1760.6	3	3	0.2.1	1875.6	3	4	0.4.1.2	1800.6	3	3	0.4.2	1795.6	3	4	0.6.4.2	1590.6
cluster 2				cluster 2				cluster 2				cluster 2				cluster 2			
1	3	0.3.2	1750.4	1	4	0.4.2.3	1620.4	1	4	0.2.4.3	1725.4	1	5	0.2.3.5.4	1420.4	5	3	0.6.1	1840.8
2	3	0.3.1	1750.5	2	4	0.4.1.3	1620.5	2	4	0.4.3.1	1725.5	2	5	0.3.5.1.4	1420.5	6	6	0.5.1.3.4.2	1470.9
3	3	0.2.1	1750.6	3	3	0.2.1	1770.6	3	4	0.4.3.1	1725.6	3	5	0.2.5.1.4	1420.6	1	3	0.3.2	1975.4
cluster 3				cluster 3				cluster 3				cluster 3				cluster 3			
1	3	0.3.5	1980.4	1	3	0.2.3	1730.4	1	4	0.2.4.3	1670.4	1	5	0.2.3.5.1	1420.7	2	3	0.1.3	1975.5
2	3	0.5	2090.5	2	3	0.1.3	1725.5	2	4	0.4.3.1	1665.5	2	4	0.5.4.3	1895.5	3	3	0.1.2	1975.6
3	3	0.1.5	1980.6	3	3	0.2.1	1725.6	3	4	0.2.4.1	1665.6	3	5	0.2.3.5.1	1420.8	3	3	0.1.2	1975.6
4	2	0	2195.7	4	3	0.2.1	1725.7	4	4	0.2.4.1	1665.7	4	5	0.5.4.1.6.2	1715.6	4	5	0.3.5.1.2	1525.4
5	4	0.3.1.2	1880.8	5	4	0.1.3	1880.8	5	4	0.2.3.1	1665.8	5	5	0.5.4.1.6.2	1715.7	5	5	0.3.5.1.2	1525.7
cluster 4				cluster 4				cluster 4				cluster 4				cluster 4			
1	3	0.5.2	1980.4	1	3	0.4.5	1980.6	1	5	0.2.5.4.3	1795.4	1	4	0.4.3.6	1895.4	1	5	0.3.5.4.2	1525.4
2	1		2210.5	2	5	0.5.4.3.1	1795.5	2	5	0.2.5.4.3	1795.5	2	4	0.5.4.3	1895.5	2	5	0.3.5.4.1	1525.5
3	3	0.4.5	1980.6	3	5	0.5.4.3.1	1795.6	3	5	0.2.5.4.1	1795.6	3	6	0.5.4.1.6.2	1715.6	3	5	0.5.4.1.2	1525.6
4	3	0.5.3	1980.7	4	5	0.5.4.3.1	1795.7	4	5	0.2.5.4.1	1795.7	4	6	0.5.4.1.6.2	1715.7	4	5	0.3.5.1.2	1525.7
5	4	0.4.1.3	1880.8	5	4	0.1.3	1880.8	5	5	0.2.5.4.1	1795.8	5	4	0.4.3.2	1895.8	5	5	0.3.4.1.2	1525.8
cluster 5				cluster 5				cluster 5				cluster 5				cluster 5			
1	4	0.2	2080.4	1	4	0.2	2080.4	1	4	0.2	2080.4	1	5	0.2.4.3.5	1795.4	1	5	0.5.4.2.3	1525.4
2	4	0.1	2080.5	2	4	0.1	2080.5	2	4	0.1	2080.5	2	5	0.4.3.1.5	1795.5	2	5	0.1.5.4.2	1525.6
cluster 6				cluster 6				cluster 6				cluster 6				cluster 6			
1	4	0.3.4.2	1880.4	1	4	0.3.4.2	1880.4	1	4	0.3.4.2	1880.4	1	5	0.2.4.3.5	1795.4	1	5	0.5.4.2.3	1525.4
2	4	0.3.4.1	1880.5	2	4	0.3.4.1	1880.5	2	4	0.3.4.1	1880.5	2	5	0.4.3.1.5	1795.5	2	5	0.1.5.4.2	1525.6
3	4	0.4.1.2	1880.6	3	4	0.4.1.2	1880.6	3	4	0.4.1.2	1880.6	3	5	0.2.4.1.5	1795.6	3	5	0.1.5.2.3	1525.7
4	4	0.3.1.2	1880.7	4	4	0.3.1.2	1880.7	4	4	0.3.1.2	1880.7	4	5	0.2.3.1.5	1795.7	4	5	0.1.4.2.3	1525.8
cluster 7				cluster 7				cluster 7				cluster 7				cluster 7			
1	2	6.4	2120.4	1	2	6.4	2120.4	1	2	6.4	2120.4	1	5	0.2.4.3.1	1795.8	1	5	0.5.4.2.3	1525.4
2	5	0.6.5.3.4	1800.5	2	5	0.6.5.3.4	1800.5	2	5	0.6.5.3.4	1800.5	2	5	0.4.3.1.5	1795.5	2	5	0.1.5.4.2	1525.6
3	5	0.6.5.2.4	1800.6	3	5	0.6.5.2.4	1800.6	3	5	0.6.5.2.4	1800.6	3	5	0.2.4.1.5	1795.6	3	5	0.1.5.2.3	1525.7
4	6	0.6.5.3.2.1	1715.7	4	6	0.6.5.3.2.1	1715.7	4	6	0.6.5.3.2.1	1715.7	4	5	0.2.3.1.5	1795.7	4	5	0.1.4.2.3	1525.8
5	5	0.6.3.2.4	1800.8	5	5	0.6.3.2.4	1800.8	5	5	0.6.3.2.4	1800.8	5	5	0.2.4.3.1	1795.8	5	5	0.5.4.2.3	1525.4
6	6	0.5.3.2.4.1	1715.9	6	6	0.5.3.2.4.1	1715.9	6	6	0.5.3.2.4.1	1715.9	6	5	0.4.3.1	1895.9	6	5	0.3.4.1.2	1525.8

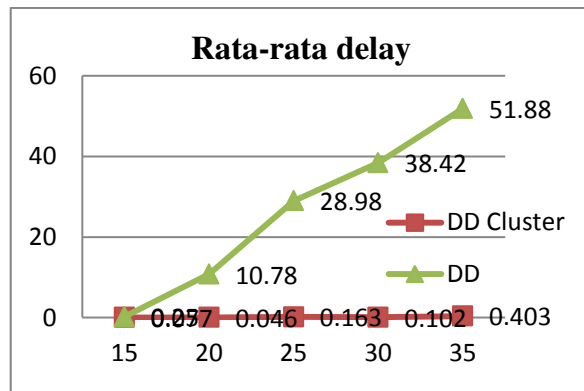
Setelah masing-masing cluster di running dan data hasil analisa menunjukkan bahwa clustering mampu menjaga dan memetakan jumlah node yang saling berinteraksi. Jumlah pesan *interests*, *gradient* dan *life time* jaringan dapat dijaga stabil sesuai keinginan dan kebutuhan. Peningkatan variasi dari jumlah node didalam suatu area relatif sama dengan variasi jumlah node lainnya, pada variasi 15 node *life time* terkuat 2090.5 dan *life time* terlemah 1750.4, variasi 20 node *life time*

terkuat 2210.5 dan *life time* terlemah 1620.4, variasi 25 node *life time* terkuat 2080.5 dan *life time* terlemah 1665.5, variasi 30 node *life time* terkuat 1950.4 dan *life time* terlemah 1420.4, variasi 35 node *life time* terkuat 2120.4 dan *life time* terlemah 1470.9.

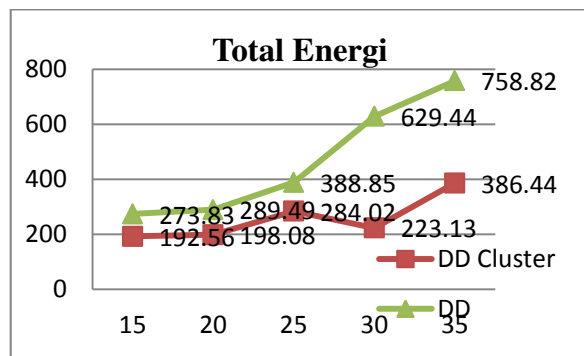
Clustering pada sensor node didalam jaringan sensor memberikan solusi terhadap kekurangan routing protokol directed diffusion yang pada aplikasinya sangat berdampak karena flooding overhead sensor node didalam jaringan.

4.4 Tahapan Keempat: Analisa dan perbandingan *directed diffusion* dan *directed diffusion* berbasis *cluster*

Setelah dilakukan skenario tahapan dua dan tiga dari informasi perspektif *sink* berupa data rata-rata delay, total energi dan *life time* node terlemah data tersebut dilakukan pengolahan data menggunakan microsoft excel dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Informasi dari grafik tersebut dilakukan analisa.

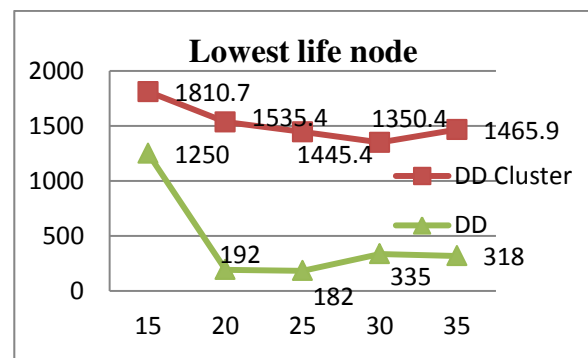


Grafik diatas merupakan grafik rata-rata delay dari *directed diffusion* dan *directed diffusion cluster*, rata-rata delay dalam satuan detik, dari grafik diatas menunjukkan bahwa rata-rata *directed diffusion* meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah *node*, dengan rata-rata peningkatan delay sekitar 10 detik untuk setiap penambahan 5 *sensor node*. Sedangkan pada *directed diffusion cluster* rata-rata delay yang dihasilkan masih relatif kecil, dan peningkatan jumlah *node* tidak terlalu mempengaruhi rata-rata delay yang dihasilkan.



Dari grafik diatas dapat kita ketahui total energi yang digunakan node didalam jaringan, grafik menunjukkan total energi yang

digunakan *directed diffusion cluster* lebih kecil dibandingkan dengan *directed diffusion*. Perbedaan selisih penggunaan energi ada sekitar 2 kali lipat, untuk jumlah *sensor node* 15 *node* *directed diffusion cluster* total penggunaan energi 192,56 joule sedangkan *directed diffusion* 273,83 joule. peningkatan jumlah *node* pada *directed diffusion* juga memberikan dampak yang cukup besar, peningkatan jumlah *node* dari 15 *node* ke 20 *node* ada selisih energi 15,66 joule dan peningkatan energi terus meningkat untuk penambahan *node* berikutnya dengan kenaikan diatas 100 joule untuk penambahan 5 *sensor node*. Sedangkan pada *directed diffusion cluster* peningkatan jumlah *node* juga meningkatkan penggunaan total energi namun tidak sebesar pada *directed diffusion*.



Life node merupakan hal yang penting didalam jaringan *sensor node*, keberhasilan *sensor node* melakukan tugas penginderaan sangat ditentukan dengan *life node* didalam jaringan, dari grafik diatas dapat kita ketahui bahwa *life node* pada *directed diffusion cluster* jauh lebih lama dibandingkan dengan *directed diffusion*, peningkatan jumlah *node* juga tidak terlalu mempengaruhi *life node* dibandingkan dengan jumlah sebelumnya. Terdapat perbedaan yang jauh *life time node* terlemah *directed diffusion* dan *directed diffusion* berbasis *cluster*. Untuk variasi 15 *node* perbedaan *life time* 560.7 s, variasi 20 *node* perbedaan *life time* 1343.4 s, variasi 25 *node* perbedaan *life time* 1263.4 s, variasi 30 *node* perbedaan *life time* 1015.4 s, variasi 35 *node* perbedaan *life time* 1147 s. Dari perbedaan *life time* tersebut perbedaan *life time* terkecil pada variasi 15 *node* dan terbesar pada variasi 20 *node*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil analisa menunjukkan bahwa peningkatan jumlah node didalam jaringan sensor menggunakan directed diffusion meningkatkan banyaknya pesan interests yang diterima (flooding overhead) yang berefek kepada life time secara keseluruhan sensor node didalam jaringan. Dan kekurangan routing directed diffusion tersebut dapat dikurangi menggunakan cluster pada jaringan sensor. Cluster pada directed diffusion mampu membatasi dan mengendalikan flooding overhead dengan membentuk cluster dan menentukan jumlah node pada setiap cluster yang efisien. dan secara keseluruhan directed diffusion berbasis cluster menunjukkan terjadi peningkatan life time sensor node secara keseluruhan pada jaringan sensor

5.2 Saran

Perlu diperhatikan analisa komponen yang terlibat dalam *directed diffusion* berbasis *cluster* agar diperoleh kehandalan jaringan topologi dari segi aspek efisiensi energi dan kualitas data yang diperoleh *sink node* sebagai hasil yang dikirim oleh proses *reinforcement gradient*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Indra Yasri, ST., MT selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada para sahabat dan rekan-rekan Teknik Elektro FT UR yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian ini.

perlunya perluasan cakupan bahasan penelitian pada tahapan *reinforce routing protokol directed diffusion* bagaimana proses dan pengaruh penguatan jalur bagi *life time* jaringan.

Dari hasil penelitian menunjukkan *cluster* pada *directed diffusion* berbasis *cluster* dapat meningkatkan kehandalan jaringan perlu perancangan komponen *cluster* pada *directed diffusion*.

DAFTAR PUSTAKA

- Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. F. (2007). *Wireless sensor networks: technology, protocols, and applications*. Hoboken, N.J: Wiley-Interscience.
- Yu, Y., Prasanna, V. K., & Krishnamachari, B. (2006). Introduction to wireless sensor networks. *Information Processing and Routing in Wireless Sensor Network*, 1–21.
- Intanagonwiwat, C., Govindan, R., Estrin, D., Heidemann, J., & Silva, F. (2003). Directed diffusion for wireless sensor networking. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 11(1), 2–16. <http://doi.org/10.1109/TNET.2002.808417>
- Handziski, V., Köpke, A., Karl, H., Frank, C., & Drytkiewicz, W. (2004). Improving the energy efficiency of directed diffusion using passive clustering. In *Wireless Sensor Networks* (pp. 172–187). Springer. Retrieved from http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24606-0_12
- Karl, H., & Willig, A. (2005). *Protocols and architectures for wireless sensor networks*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Singh, S. K., Singh, M. ., & Singh, D. K. (2010). Routing Protocols in Wireless Sensor Networks - A Survey. *International Journal of Computer Science & Engineering Survey*, 1(2), 63–83. <http://doi.org/10.5121/ijcses.2010.1206>
- Mamalis, B., Gavalas, D., Konstantopoulos, C., & Pantziou, G. (2009). Clustering in wireless sensor networks. *RFID and Sensor Networks: Architectures, Protocols, Security and Integrations*, Y. Zhang, LT Yang, J. Chen, Eds, 324–353.
- Sobeih, A., & Hou, J. C. (2003). A simulation framework for sensor networks in J-Sim. *Urbana*, 51, 61801.
- Dimokas, N., Katsaros, D., & Manolopoulos, Y. (2007). Node clustering in wireless sensor networks by considering structural characteristics of the network graph. In

Information Technology, 2007. ITNG'07. Fourth International Conference on (pp. 122–127). IEEE. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4151670

Neha Singh, Prof.Rajeshwar Lal Dua, Vinita Mathur; 2012 , Wireless Sensor Networks: Architecture, Protocols, Simulator Tool

